

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

SUNG JIN KIM, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **MICRO FLUIDIC DEVICE FOR
CONTROLLING FLOW TIME OF
MICRO FLUID**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

REQUEST FOR PRIORITY

Sir:

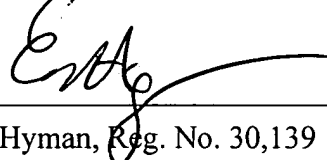
Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	DATE OF FILING
Republic of Korea	2003-32527	22 May 2003

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP



Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

Dated: December 8, 2003

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor
Los Angeles, CA 90025
Telephone: (310) 207-3800



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0032527
Application Number

출원년월일 : 2003년 05월 22일
Date of Application MAY 22, 2003

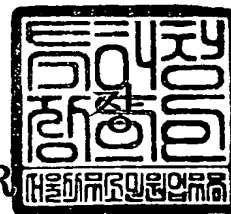
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Inst



2003 년 10 월 30 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.05.22
【발명의 명칭】	미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자
【발명의 영문명칭】	MICRO-FLUIDIC DEVICE TO CONTROL FLOW TIME OF MICRO-FLUID
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인 신성
【대리인코드】	9-2000-100004-8
【지정된변리사】	변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 이지연
【포괄위임등록번호】	2000-051975-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김성진
【성명의 영문표기】	KIM,Sung Jin
【주민등록번호】	771101-1100217
【우편번호】	305-350
【주소】	대전광역시 유성구 가정동 ETRI기숙사 구관 218호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	신용범
【성명의 영문표기】	SHIN,Yong Beom
【주민등록번호】	680102-1047813
【우편번호】	302-120
【주소】	대전광역시 서구 둔산동 럭키한마루아파트 105-404
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	양해식
【성명의 영문표기】	YANG,Hae Sik
【주민등록번호】	690722-1574911

【우편번호】	302-777
【주소】	대전광역시 서구 둔산2동 샘머리아파트 202-1304
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이대식
【성명의 영문표기】	LEE,Dae Sik
【주민등록번호】	710501-1710710
【우편번호】	305-752
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 청솔아파트 101-404
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김규원
【성명의 영문표기】	KIM,Kyu Won
【주민등록번호】	700714-1906419
【우편번호】	305-752
【주소】	대전광역시 유성구 송강동 청솔아파트 102-1405
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박세호
【성명의 영문표기】	PARK,Se Ho
【주민등록번호】	710705-1573317
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 146-10 402호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김윤태
【성명의 영문표기】	KIM,Yun Tae
【주민등록번호】	570415-1067426
【우편번호】	305-707
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 110-106
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
특허법인 신성 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 13 면 13,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 8 항 365,000 원

【합계】 407,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 203,500 원

【기술이전】

【기술양도】 희망

【실시권 허여】 희망

【기술지도】 희망

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자에 관한 것으로, 모세관 현상을 이용한 미세 유체 소자에 있어서, 상부 기판과 하부 기판의 사이에 위치한 유체 이송용 유로; 상기 유로를 통하여 이송된 유체가 일시적으로 정지되는 유체정지면; 및 상기 유체 정지면과 연속선상에 있는 유동지연턱을 포함하는 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자를 제공한다. 본 발명에 따른 미세 유체 소자는 간편한 방법으로 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있어 매우 유용하다.

【대표도】

도 6a

【색인어】

미세 유체, 유체 이송 시간 지연, 미세 유로, 모세관 현상, 바이오 칩

【명세서】**【발명의 명칭】**

미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자{MICRO-FLUIDIC DEVICE TO CONTROL FLOW TIME OF MICRO-FLUID}

【도면의 간단한 설명】

도 1a 내지 도 1c는 상부 기판과 하부 기판의 친수성 여부에 따른 미세 유체의 이송 형상을 나타낸 단면 모식도.

도 2a는 상부, 하부 및 중간 기판으로 형성된 미세 유체의 유로 단면도.

도 2b는 상부 및 하부 기판으로 형성된 미세 유체의 유로 단면도.

도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 미세 유체 소자의 평면도.

도 3b는 유체방울이 기판과 이루는 접촉각을 시간에 따라 나타낸 그래프.

도 4a는 도 3a에 따른 미세 유체 소자에 있어서의 유체 이송시 유체의 선단형상을 순차적으로 도시한 평면 모식도.

도 4b는 도 4b를 실제로 구현하여 시간에 따른 변화를 나타낸 사진.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른, 미세 유체 소자의 기본 단위가 여러 개 연결된 구조의 미세 유체 소자의 평면도.

도 6a는 도 5에 따른 미세 유체 소자의 구조에 있어서, 유체 이송시 유체의 선단 형상을 순차적으로 도시한 평면 모식도.

도 6b 내지 도 6d는 본 발명의 일실시예에 따른 미세 유체 소자에서의 미세 유체의 종횡 비와 압력차 간의 관계를 나타낸 그래프.

도7a 및 도8a는 도6a에 따른 미세 유체 소자의 구조의 일실시예에 있어서, 유체 이송시 유체의 선단 형상을 순차적으로 도시한 평면 모식도.

도7b는 및 도8b는 각각 도7a 및 도8a에 따른 미세 유체 소자를 실제로 구현하여 시간에 따른 유체의 이송 형상을 포착한 사진.

도9a 및 도9b는 본 발명에 따라 미세 유체 소자의 기본단위를 직렬 및 병렬로 연결한 미세 유체 소자의 개략적 구조도.

* 도면의 주요 부분의 부호의 설명 *

110: 상부 기관 120: 하부 기관

130: 중간 기관 310: 유로

325: 유체정지면 345, 645: 유동지연턱

350: 유동지연각 360: 유체

610: 제1유로 615: 제2유로

620: 제n유로 630: 제1유체정지면

635: 제2유체정지면 640: 제n유체정지면

660: 제1유체 665: 제2유체

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <23> 본 발명은 미세 자동 분석시스템(예를 들면 바이오 센서, 바이오 칩, HTS(High throughput screening) 시스템, 조합 화학(Combinatory chemistry) 시스템 등) 등에 적용될 수 있는 미세 유체 소자에 관한 것으로, 이러한 시스템에서는 여러 개의 유로가 동시에 만나고 분기되는 복잡한 미세 유로 망(microfluidic network)이 형성되고, 각 기본 유체 제어 단위마다 정지를 위한 밸브, 이송을 위한 펌프 등이 필요하며, 유로들이 만나고 분기되는 부분에서 여러 가지 현상들이 발생하게 된다. 본 발명은 이러한 미세 유로 망에서 미세 유체가 이송되는 시간을 지연시킬 수 있도록 하는 미세 유체 소자에 관한 것이다.
- <24> 이종의 미세 유체가 유로에서 만나는 경우, 한 유체가 먼저 합류부를 지나간 후, 다른 유체가 동일한 합류부에 도달하게 되면, 먼저 도달한 유체와 중간에 있는 공기층으로 인하여 공기방울이 형성되게 되고, 따라서 나중에 합류부에 도달하는 유체는 추가적인 압력이 없이도 더 이상 진행을 할 수 없게 된다. 따라서 공기방울의 형성을 방지하거나 공기방울이 형성된 뒤에도 유체가 이송될 수 있는 방법이 필요하게 된다. 이러한 방법들로 지금까지 알려진 것으로는 공기방울이 빠져나가는 구멍을 만들어 공기방울의 형성을 방지하는 방법, 및 단면적이 다른 유로들을 형성시켜 공기방울이 형성된 뒤에 공기방울과 유체가 지나가는 길을 달리 형성시켜 주는 방법 등이 있다.
- <25> 미국 특허 제5,904,424호에서는 유체 합류부에서 유로 외에 추가적으로 공기가 빠져나갈 수 있는 관을 형성하여 두 유로가 만나는 경우에 있어서만 공기방울의 발생을 방지할 수 있는

구조를 제시한 바 있다. 그러나 추가적인 관과 공기가 빠져 나가는 구멍이 있어야 하기 때문에 구조가 복잡해지고, 만나는 유로의 개수가 3개 이상인 경우에는 적용하기가 어려우며, 추가적인 구멍의 부피로 인하여 소자의 면적이 커지게 되는 단점이 있다.

<26> 버클리 대학에서 발표된 논문 "Active microfluidic mixer and gas bubble filter driven by thermal bubble micropump" (Jr-Hung Tsai et al, Sensors and Actuators A: Feb. 2002)에서는 단면적이 다른 유로를 만들어 단면적이 큰 유로 쪽으로는 공기방울이 빠지고 작은 유로 쪽으로는 액체가 지나가게 되는 구조가 제시되어 있다. 이는 공기방울의 발생을 방지하지는 못하고 또한 추가적인 관과 공기가 빠져 나가는 구멍이 있어야 하기 때문에 구조가 복잡해지고 두 개 이상의 유로가 만나는 경우에 적용하기가 어렵다는 단점이 있다.

<27> "A unique solution for preventing clogging of flow channels by gas bubbles" (J. Kohnle et al., MEMS 2002 proceeding pp.77-80)에서는 단면적이 다른 유로를 3차원적으로 만들어 단면적이 큰 유로쪽으로는 공기방울이 빠지고 작은 유로쪽으로는 액체가 지나가게 되는 방법이 제시되어 있다. 이는 유로의 형상을 3차원적으로 만들어야 하므로 제작이 복잡하고 유로가 만나는 경우에 있어서 공기방울의 발생을 방지하기 위한 구조로 적용하기는 어렵다.

<28> 상기에 제시된 예들은 이종의 유체가 만나는 과정에서 공기방울의 발생을 방지하기 위한 구조로 적용되기 어렵거나, 제작과정이나 구조가 복잡하다는 단점을 가지고 있다.

<29> 또한 유로가 오염되거나 막혀 유체가 더 이상 진행될 수 없는 경우에는, 추가적인 유로를 형성시켜 유체를 이송하는 구조가 필요하게 되며, 즉 두 유로가 만나는 합류부에 먼저 도달한 유체는 일정 시간동안 합류부에서 지연된 후, 필요한 시간이 지난 뒤에 다른 유체가 합류부에 도달하지 못하게 되더라도 먼저 도달한 유체가 합류부를 지나 진행하게 되는 구조가 필요하게 된다. 그러나 현재까지는 시간 지연을 이용한 밸브가 있는 유로는 제시된 바 없다.

<30> 이종 혹은 동종의 유체 또는 고체와 유체간의 화학반응을 위한 반응 챔버에서는, 반응을 위하여 수분 내지 수십 분의 시간이 필요하다. 이를 위해서 유체가 반응 챔버를 지나 밸브에서 정지한 뒤 반응이 끝나면 밸브를 지나 이송되게 되는데, 밸브에서 정지하고 다시 이송이 되려면, 기계적 또는 전기적으로 구동되는 밸브와 추가적인 펌프가 필요하게 된다. 시스템을 단순화하기 위하여 기계적 또는 전기적인 밸브와 펌프를 사용하지 않으려면, 반응 시간 동안 반응 챔버 끝단에서 일정 시간 동안 유체의 이송이 지연되다가 반응이 끝난 후, 유체가 반응 챔버를 자동적으로 지나가야 한다. 이러한 과정은 모세관 현상을 이용한 압력 장벽을 이용하여 달성할 수 있다.

<31> 미국 특허 제6,271,040 B1호에서는 유체가 지연되어야 할 부분에서 3차원적인 압력 장벽을 형성시켜 유체를 지연시키는 기능을 수행하도록 하고 있으나, 지연시간이 2분 정도로 짧은 편이라서, 챔버 내에서 DNA 증폭, 하이브리드 형성(hybridization), 항원-항체 반응 등에 필요한 시간으로는 부족하고, 생성물을 3차원적으로 형성시켜야 하기 때문에 제조 과정이 복잡하다는 단점을 가지고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<32> 본 발명은 상기한 바와 같은 단점을 해결할 수 있도록, 간단한 구조와 원리로 일정시간 유체의 이동을 지연시킬 수 있는 미세 유체 소자를 제공하고자 하는 데에 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <33> 상기한 목적을 달성하기 위하여 본원 발명자들은 예의 연구를 거듭한 결과, 하기와 같은 본 발명을 완성하게 되었다.
- <34> 본 발명은 원하는 부분에서 미세 유체의 이송시간을 필요한 시간만큼만 지연시켜 공기방울의 발생을 억제할 수 있으며, 또한 두개 이상의 유로가 만나는 합류부에서, 한쪽 유로가 막혀 있는 경우 다른 유로를 통해 유체가 이송될 수 있고, 또한, 반응 챔버 내에서 이종 혹은 동종의 유체 또는 고체와 유체간의 화학반응을 위하여 이송 시간을 지연시킬 수 있도록 유체 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자를 제공하는 것으로 하기와 같은 구성을 갖는다.
- <35> 본 발명은 모세관 현상을 이용한 미세 유체 소자에 있어서, 상부 기판과 하부 기판의 사이에 위치한 유체 이송용 유로; 상기 유로를 통하여 이송된 유체가 일시적으로 정지되는 유체 정지면; 및 상기 유체정지면과 연속선상에 있는 유동지연턱을 포함하는 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자를 제공한다.
- <36> 본 발명에 따른 미세 유체 소자는 유체 이송시 모세관 압력을 이용하거나 유체에 추가적으로 외부압력을 인가할 수 있으며, 유체정지면에서의 유로의 종횡비(폭:높이)와 유체정지면과 유동지연 턱이 이루는 유동지연각에 의해서 발생하는 모세관 압력장벽에 의하여 유체의 이송이 지연되는 방식을 제안한다. 또한 유체 이송지연시간은 유동 지연턱의 길이에 의해서도 미세하게 조절이 가능하다.
- <37> 미세 유체를 이송하기 위한 유로는 하부 기판과 상부 기판에 의하여 형성되며, 기판의 재질은 친수성 재료 및/또는 소수성 재료를 조합하여 사용할 수 있다. 유체 이송이 지연되는

시간은 유체의 성질, 상하부 기판의 재질, 유로의 종횡비, 유동지연각의 크기, 유동지연턱의 길이에 의해 자동적으로 결정된다.

<38> 즉, 상부 및 하부 기판과 유체의 종류를 결정한 후, 유체정지면의 종횡비(폭:높이)와 유동 지연턱의 길이, 및 상기 유로의 진행방향과 유동지연턱과의 각도인 유동지연각을 알맞게 설계하여 원하는 지연시간을 얻을 수 있다.

<39> 본 발명은 또한 모세관 현상을 이용하는 미세 유체 소자에 있어서, 제1유체 이송용 제1 유로; 제2유체 이송용 제2유로; 상기 제1유로 및 제2유로에 각각 연결된 제1유체정지면과 제2 유체정지면; 및 상기 제1유체정지면과 제2유체정지면의 연속선상에 있는 유동지연턱;을 포함하는 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자를 제공한다.

<40> 상기 유체정지면의 전후 압력 차이를 조절하면, 제1유로 또는 제2유로를 통하여 이송된 유체 중 유체정지면에 먼저 도착한 유체가 일시정지한 후, 나중에 도착하는 유체가 도달할 때까지 정지하도록 할 수 있으며, 또한 유체정지면에 먼저 도착한 유체가 일시정지한 후, 나머지 유체가 도달하지 않더라도 일정 시간이 경과한 후, 유체정지면을 통과하도록 할 수 있다.

<41> 이러한 유로, 유체정지면 및 유동지연턱을 포함하는 미세 유체 소자의 기본단위가 병렬 또는 직렬로 다수개 연결된 구조를 갖도록 소자를 형성할 수도 있다.

<42> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다. 그러나 본 발명의 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들로 인해 한정지어지는 것으로 해석되어져서는 안 된다. 본 발명의 실시예들은 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되어

지는 것이다. 도면에서 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서 본 발명은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되어지지 않는다.

<43> 도 1은 본 발명에서 사용되는 모세관 현상만을 이용하거나 모세관 압력과 외부압력의 조합으로 유체가 이송되는 원리를 설명한다. 도1a에서는 미세 유체 소자의 상부기관(110)과 하부 기관(120)을 모두 친수성 재질로 한 경우의 유체의 선단 형상을 나타내고 있고, 도1b에서는 미세 유체 소자의 상부기관(110)이 소수성이고, 하부기관(120)은 친수성인 경우의 유체의 선단 형상을 나타내고 있으며, 도1c에서는 미세 유체 소자의 상부 및 하부 기관(110, 120)이 모두 소수성인 경우의 유체의 선단 형상을 나타내고 있다.

<44> 도1a 및 도1b의 경우와 같이, 유로 내부의 소수성의 정도보다 친수성이 더 큰 경우 외부 압력 없이도 유체의 이송이 가능하나 도1c의 경우나 도1b에서 유로 내부에서 친수성보다 소수성이 더 큰 경우 추가적인 압력을 인가해야 유체의 이송이 가능하다. 그러나 모든 경우에 있어서 추가적인 압력을 인가할 수도 있다.

<45> 도2는 본 발명에서 사용되는 유로의 단면 형상을 나타낸다. 도2a의 경우에 있어서는 상부 기관(110)과 하부 기관(120) 이외에 추가적으로 중간기관(130)을 사용하여 유로를 형성하였고, 도2b에서는 상부 기관(110)과 하부 기관(120)만을 이용하여 유로가 형성된 예이다. 미세 유체 소자에 있어서의 상부 기관(110), 하부기관(120) 및 중간기관(130)의 재질로서는 유리, 플라스틱 또는 금속 등의 모든 재료가 가능하나, 일반적으로 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(polymethylmethacrylate), PC(polycarbonate), COC(cycloolefin copolymer), PA(polyamide), PE(polyethylene), PP(polypropylene), PPE(polyphenylene ether), PS(polystyrene), POM(polyoxymethylene), PEEK(polyetheretherketone),

PTFE(polytetrafluoroethylene), PVC(polyvinylchloride), PVDF(polyvinylidene fluoride), PBT(polybutyleneterephthalate), FEP(fluorinated ethylenepropylene), PFA(perfluoralkoxyalkane) 등의 투명한 폴리머나 SU-8등의 사진식각(photolithography)이 가능한 감광제(photoresist)등을 사용할 수도 있다.

<46> 미세 유체 소자의 상부 기판(110)은 레이저 어블레이션(Laser Ablation), 쾌속조형(Rapid Prototyping), NC(Numerical Control) 머시닝과 같은 전통적인 기계가공법 또는 사진식판술(photolithography)과 식각을 이용한 반도체가공법으로 제작된 금속 또는 실리콘 구조체를 마스터(master)로 하여 핫 엠보싱(Hot Embossing), 사출성형(Injection Molding), 캐스팅(Casting)법을 이용하여 제작할 수 있다. 기판의 접합은 일반적으로 사용하는 접착제를 사용하여 행하거나, 재료에 따라 용접, 초음파 접합을 행하거나 점착제를 이용할 수도 있다. 도2a의 유로 단면 형상에서 유로에 들어있는 유체의 폭(w) 과 높이(h)의 비를 종횡비($w:h$)로 정의하며, 이는 유로의 종횡비에 의하여 결정된다.

<47> 도3a 및 도 3b를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 미세 유체 소자의 기본적인 동작 과정을 설명한다. 우선 도3a에는 미세 유로(310)가 유체정지면(325)과 연결된 구조를 보여주고 있으며, 유체정지면(325)은 유동지연턱(345)과 일정한 각도를 이룸을 볼 수 있다. 이러한 일정한 각도는 미세 유로(310)에서의 유체 진행방향과 유동지연턱(345)이 이루는 각인 유동지연각(??)으로 정의 된다. 유체는 유로(310)를 진행하다가 유체정지면(325)에 도달하게 되면 모세관 현상에 의한 압력장벽에 의해 일시적으로 정지하게 된다. 유로를 통한 유체의 이송은 순수한 모세관 힘 만으로도 가능하고 모세관 힘과 외부압력의 조합으로도 가능하다.

<48> 이때 유체의 이송이 일시적으로 지연되는 원리를 도3b의 그래프를 참조하여 설명한다. 압력 차이(

??p)를 대기압에 대한 모세관 압력과 외부압력의 합으로 정의하면, 유체정지면(325)의 폭과 높이의 비로 정의되는 종횡비($w:h$)나 유동지연각(350)을 조절하여 압력 차이를 0보다 약간 작은 음의 값이나 혹은 0보다 약간 큰 양의 값으로 설계한다.

<49> 이 때의 압력차이(??p)는 다음과 같은 수학적식(1)

<50>

$$\text{【수학적식 1】} \quad \chi p = \frac{a\sigma}{h} \left(\cos\theta_u + \cos\theta_l + \frac{\cos\theta_m}{w/h} \right) + \chi p_{ext} \quad (1)$$

<51> 여기서 a는 보정 계수, σ 는 표면장력, w 와 h 는 각각 유로의 폭과 높이, $\{\theta_u, \theta_m, \theta_l\}$ 은 각각 유체와 상부, 중간, 하부 기판이 이루는 접촉각, Δp_{ext} 는 외부 압력을 의미한다. 도3c에 도시된 바와 같이 접촉각이 시간에 따라 감소하므로 압력차이 Δp 도 시간에 따라 양의 값으로 점진적으로 증가하게 된다.

<52> 이러한 설계를 바탕으로 유체의 이송이 지연되는 과정들도 4a를 참조하여 설명한다. 초기에 유로(310)를 통과한 유체가 유체정지면(325)을 만나게 되면 일시적으로 정지하게 되고, 유체정지면(325)에서 유체가 매우 천천히 진행하다가 유동지연턱(345)을 지나 유로 벽면과 다시 만나게 되면 압력차이가 양의 값에서 더욱 증가하여 정상속도에 도달하게 된다. 이때 유체 이송이 지연되는 시간은 미세 유체 상부 및 하부 기판과 유체의 종류가 선정되면, 유체정지면의 종횡비와 유동지연각(350) 및 유동지연턱(345)의 길이(w_l)에 의해 결정이 된다. 이러한 압력 장벽을 유체가 반응 챔버를 지난 이후에 위치시킴으로써 기계적 혹은 전기적인 밸브와 펌프를 사용하지 않고도 유체의 이송을 일정 지연시킬 수 있게 된다.

<53> 도 4b는 도4a에서의 개념을 실험적으로 증명한 예로써, 실제 소자로 구현하여 시간에 따른 유체의 이동형상을 나타낸 사진이다. 미세 유체 소자의 상부기판, 중간기판, 하부 기판의 재질은 각각 PDMS, SU-8, Si로 구성되어 있고 유체는 탈이온수(deionized water)인 경우 유체 정지면에서의 이송 지연 시간은 약 2분 정도로 관찰 되었다. 이때의 유체정지면(325)의 폭과 깊이는 각각 $400\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$ 로 제작 되었다. 이러한 원리를 이용하여 이중 혹은 동종의 유체 또는 고체와 유체간의 화학반응을 위한 반응 챔버내에서 유체의 이송을 지연시킴으로써 반응을 위한 충분한 시간을 확보할 수 있다. 이송 지연 시간 조절은 유체정지면(325)의 종횡비와 유동 지연턱(345)을 조절함으로써 가능하다.

<54> 도5에서는 본 발명의 변형된 일실시예를 도시한 것으로, 도3a에서 설명한 기본구조를 순차적으로 연결하여 배열함으로써 이송 지연 시간을 선형적으로 늘릴 수 있음을 보여주는 것이다. 연결 개수에 따라 이송 지연 시간을 필요에 따라 원하는대로 늘릴 수 있다.

<55> 도6a에서는 본 발명의 또 다른 실시예를 통하여 미세 유체 소자의 구조와 기본 원리를 설명한다. 두개의 유로가 만나는 합류부가 있는 경우인데, 제1유로(610)와 제2유로(615)가 각각 제1유체정지면(630)과 제2유체정지면(635)을 만나게 된다. 제1유체정지면(630)과 제2유체정지면(635)과 인접하여 유동지연턱(645)이 있으며, 제1유로(610)와 제2유로(615)를 각각 지나온 제1유체(660)와 제2유체(665)가 제1유체정지면(630)과 제2유체정지면(635)에 도달하게 된다. 이때, 제1유체 또는 제2유체 중 하나가 먼저 도달한 경우의 압력차이(Δp)를 음의 값으로 설계해 놓거나 0보다 약간 큰 값 또는 0보다 약간 작은 값으로 설계해 놓는다.

압력차이(Δp)를 음의 값으로 설계해 놓은 경우(도6b 참조)에는 도7a에서 도시된 바와 같이 먼저 도달한 제1유체(360)가 먼저 제1유체정지면(330)에 도달하여 정지해 있고, 나중에 도달하는 제2유체(365)가 제2유체정지면(335)에 도달한 경우, 두 유체가 만나서 종횡비($w:h$)가 두 배로

증가하여 압력 차이가 양의 값으로 변화하며(상기 수학식 1 참조) 이에 따라 유체정지면을 지나 유체의 이송이 시작된다.

<56> 도7b는 도7a에서의 개념을 실험적으로 증명한 예로써, 실제 소자로 구현하여 시간에 따른 유체의 이동형상을 나타낸 사진이다. 미세 유체 소자의 상부기판, 중간기판, 하부 기판의 재질은 각각 플라즈마 처리된 PDMS, SU-8, Si로 구성되어 있고 유체는 deionized water인 경우 유체 정지면에 먼저 도달한 유체가 정지하여 있다가 다른 유체를 만난 경우에만 유체 정지면을 통과하는 예이다. 여기서 유체정지면의 폭과 깊이 모두 $100\mu\text{m}$ 로 제작 되었다. 상기 제시된 원리에 의하여 합류부에서의 공기방울이 형성되지 않음을 확인할 수 있었다.

<57> 또한, 압력 차이를 0보다 약간 큰 값 또는 0보다 약간 작은 값으로 설계해 놓은 경우(도 6c, 도 6d 참조)에는 도8a에 도시된 바와 같이 제1유체정지면(630)을 지나 이송된 제1유체(660)가 원하는 시간만큼 일시적으로 정지해 있다가 제1유체(660)의 선단이 점진적으로 증가하기 시작하여 유로의 벽과 만나게 되어 다시 유로를 채우고 진행하게 된다. 이때 제2유로(615)가 오염되어 있거나 막혀 있더라도 제 1유체는 일정시간이 지난 후 유로를 진행하게 된다. 도 8b는 도8a에서의 개념을 실험적으로 증명한 예로써 유체제어 상부기판, 중간기판, 하부 기판의 재질은 각각 플라즈마 처리된 PDMS, SU-8, Si로 구성되어 있고 유체는 탈이온수(deionized water)인 경우 유체 정지면에 먼저 도달한 유체가 일시적으로 정지하여 있다가 다른 유체를 만나지 않더라도 유체 정지면을 통과하는 것을 보여준다. 이 때의 유체정지면의 폭과 깊이는 각각 $250\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$ 로 제작 되었다. 상기 제시된 원리에 의하여 하나의 유로가 막힌 경우에 있어서 추가적인 펌프를 이용하지 않고서도 다른 유로를 통하여 유체의 이송이 가능함을 확인하였다.

<58> 도9a 및 도9b에서는 도6a에 도시한 바와 같이 두개의 유로가 합류되는 구조의 두개의 유로, 유체정지면 및 유동지연턱을 포함하는 미세 유체 소자의 기본단위를 직렬 및 병렬로 연결하여 미세 유체 소자를 형성할 수 있음을 보여준다. 도 6에 제시된 유체 소자의 기본 소자 단위를 순차적으로 연결하여 만날 수 있는 유로의 개수를 확장 할 수 있는 구조를 나타내고 있다. 도9a에서는 유로를 간접적으로 연결하여 제1유로(610)부터 제n유로(620)까지 유로를 n개까지 확장할 수 있는 구조를 도시 하였고, 도9b에서는 모든 유로를 직접적으로 연결하여 유로를 n개까지 확장할 수 있는 구조를 나타내었다.

【발명의 효과】

<59> 상기한 바와 같이 본원 발명에 따른 유체 이송 시간을 지연시킬 수 있는 미세 유체 소자는 이종 혹은 동종의 유체가 만나는 지점에서 원하는 유체들이 만나야만 진행되도록 함으로써 공기방울이 발생하는 것을 방지할 수 있고, 이종 혹은 동종의 유체 일부가 만나지 못할 경우에 있어서도 일정 시간 경과 후 하나의 유체에 대하여 유체 이송이 가능하게 된다. 또한 이종 혹은 동종의 유체 또는 고체와 유체간의 화학반응을 위한 반응 챔버 내에서 원하는 시간동안 유체의 이송을 지연시킬 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

모세관 현상을 이용한 미세 유체 소자에 있어서,

상부기관과 하부기관 또는 상부기관과 하부기관과 중간기관 사이에 형성된 유체 이송용 유로;

상기 유로를 통하여 이송된 유체가 일시적으로 정지되는 유체정지면; 및

상기 유체정지면과 연속선상에 있는 유동지연턱;을 포함하는 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 상부기관, 하부기관 및 중간기관과 유체의 종류에 따라,

유체가 유체정지면에서 일시적으로 정지할 수 있도록, 상기 유체정지면의 종횡비(폭:높이)가 조절된 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 상부기관, 하부기관 및 중간기관과 유체의 종류에 따라,

상기 유체 이송 시간의 제어는 상기 유동지연턱의 길이, 상기 유로의 진행방향과 유동지연턱과의 각도인 유동지연각, 및 유체정지면의 종횡비(폭:높이)에 의하여 조절되는 것을 특징

으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 유체 정지면 및 유동지연턱으로 이루어진 유체 소자의 기본 단위가 둘 이상 순차적으로 연결된 구조인 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

【청구항 5】

모세관 현상을 이용하는 미세 유체 소자에 있어서,

상부기판과 하부기판, 또는 상부기판과 하부기판과 중간기판 사이에 형성된 제1유체 이송용 제1유로 및 제2유체 이송용 제2유로;

상기 제1유로 및 제2유로에 각각 연결된 제1유체정지면과 제2유체정지면; 및

상기 제1유체정지면과 제2유체정지면의 연속선상에 있는 유동지연턱;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

【청구항 6】

제5항에 있어서,

상기 상부기판, 하부기판 및 중간기판과 유체의 종류에 따라,

상기 제1유로 또는 제2유로를 통하여 이송된 유체 중 유체정지면에 먼저 도착한 유체가 일시 정지한 후, 나중에 도착하는 유체가 도달할 때까지 정지해 있도록, 상기 유로의 진행방향과 유동지연턱과의 각도인 유동지연각, 유체정지면의 종횡비(폭:높이), 및 유동 지연턱의 길이가 조절된 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

【청구항 7】

제5항에 있어서,

상기 상부기판, 하부기판 및 중간기판과 유체의 종류에 따라,

상기 제1유로 또는 제2유로를 통하여 이송된 유체 중 유체 정지면에 먼저 도착한 유체가 일시정지한 후, 나머지 유체가 도달하지 않더라도 일정 시간 경과 후, 유체 정지면을 통과하도록,

상기 유로의 진행방향과 유동지연턱과의 각도인 유동지연각, 유체정지면의 종횡비(폭:높이), 및 유동 지연턱의 길이가 조절된 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

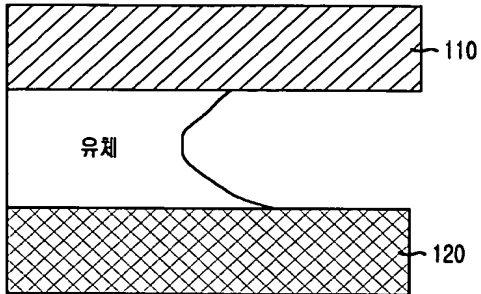
【청구항 8】

제5항에 있어서,

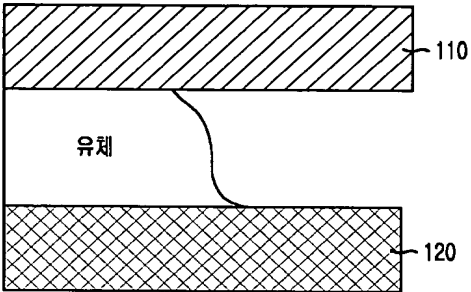
상기 제1유체정지면, 제2유체 정지면 및 유동지연턱으로 이루어진 유체 소자의 기본 단위가 병렬 또는 직렬로 다수개 연결된 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 미세 유체의 이송 시간을 제어할 수 있는 미세 유체 소자.

【도면】

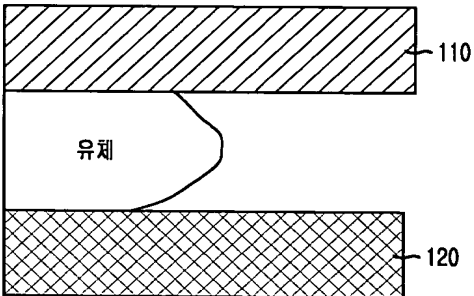
【도 1a】



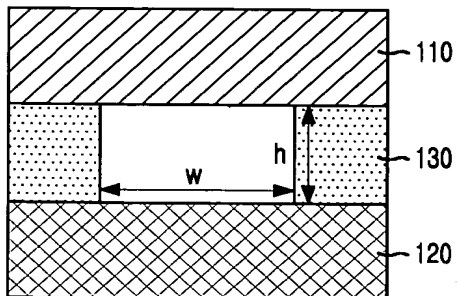
【도 1b】



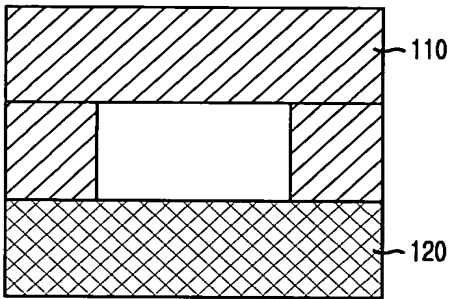
【도 1c】



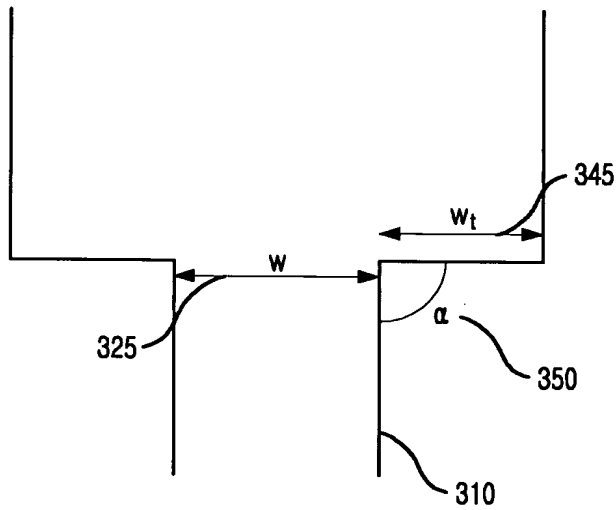
【도 2a】



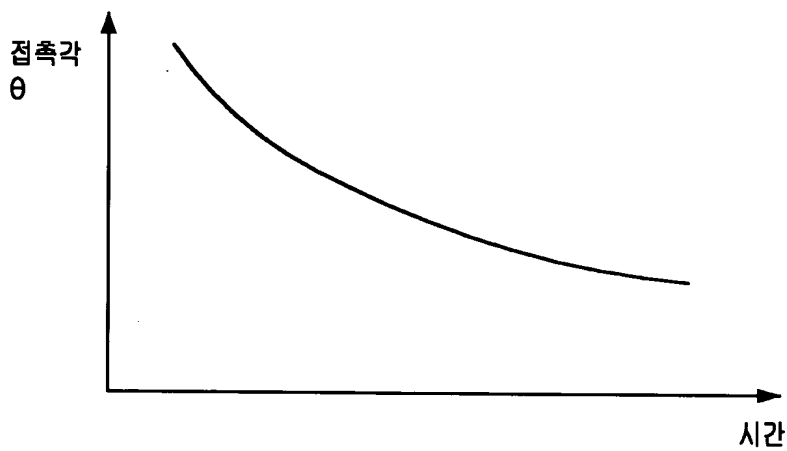
【도 2b】



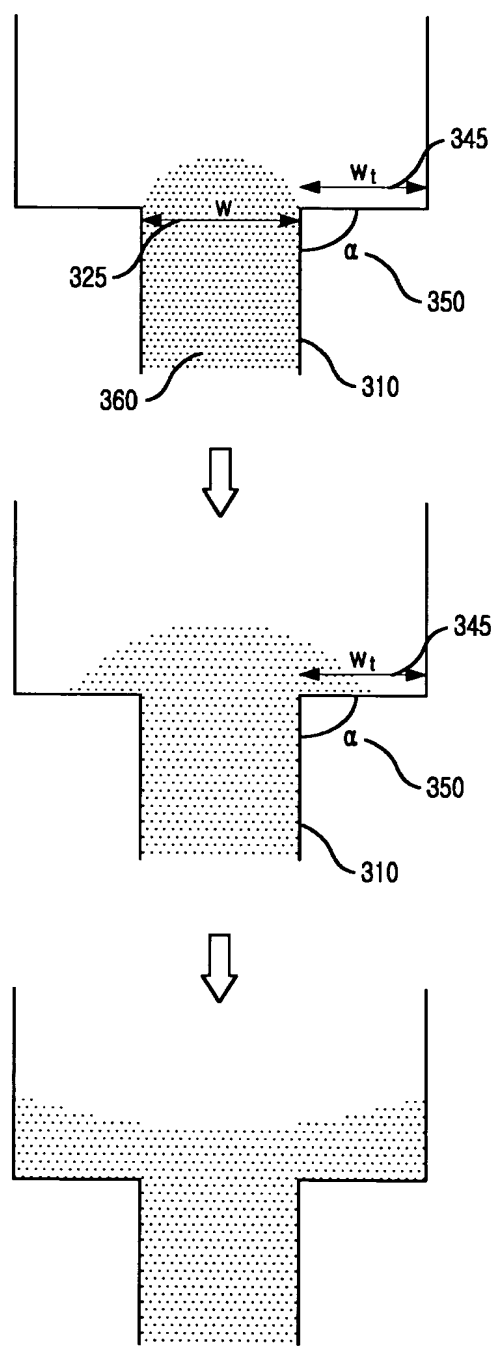
【도 3a】



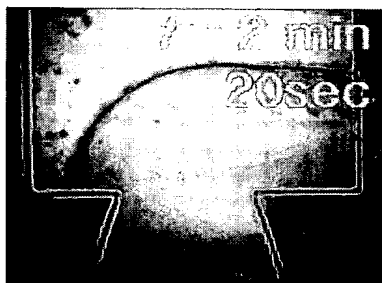
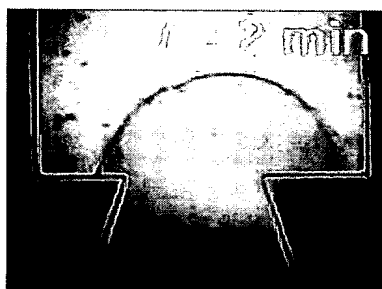
【도 3b】



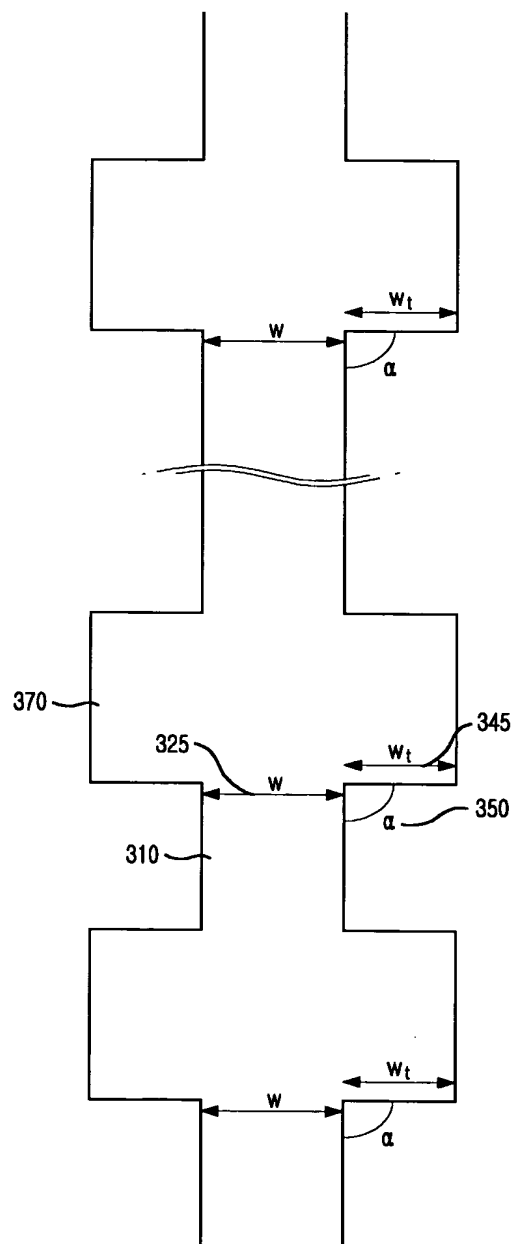
【도 4a】



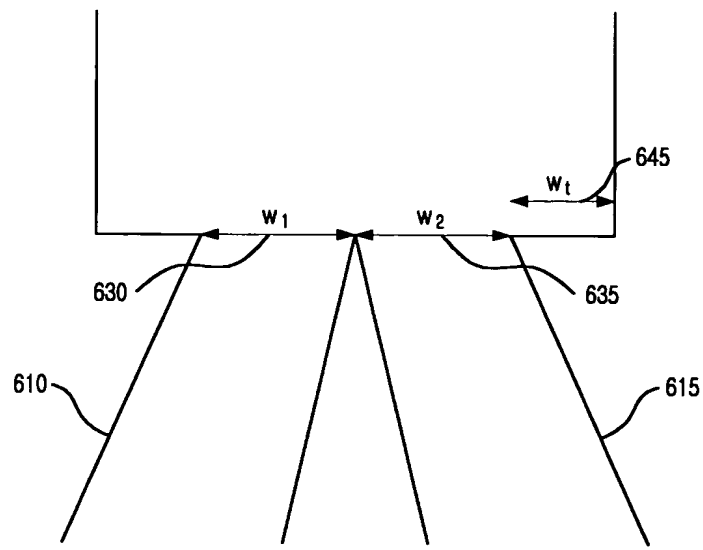
【도 4b】



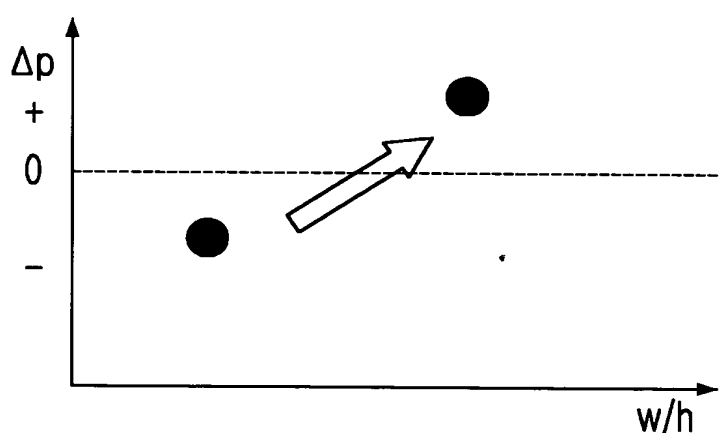
【도 5】



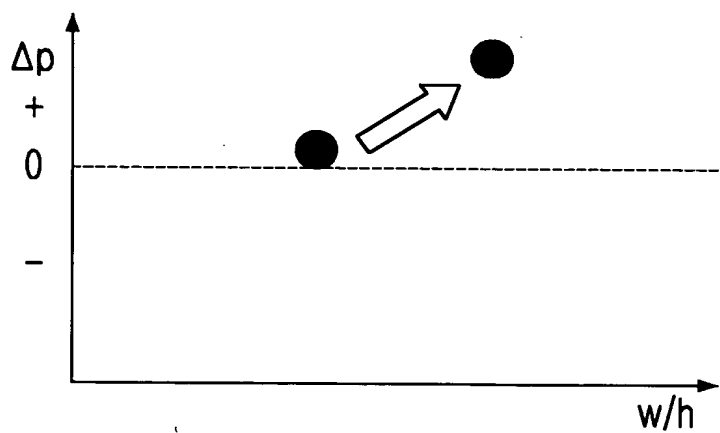
【도 6a】



【도 6b】



【도 6c】

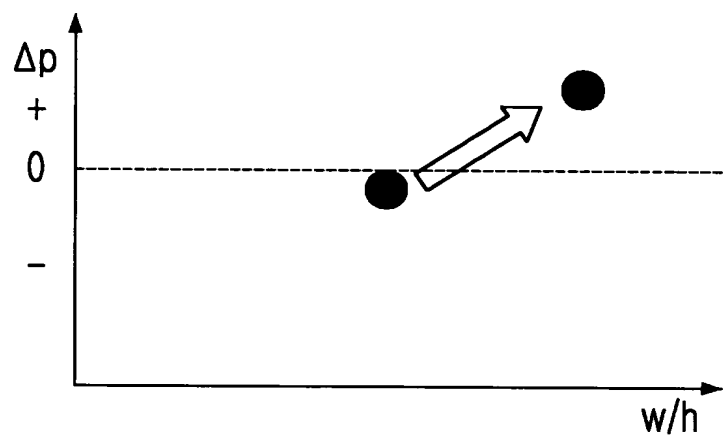




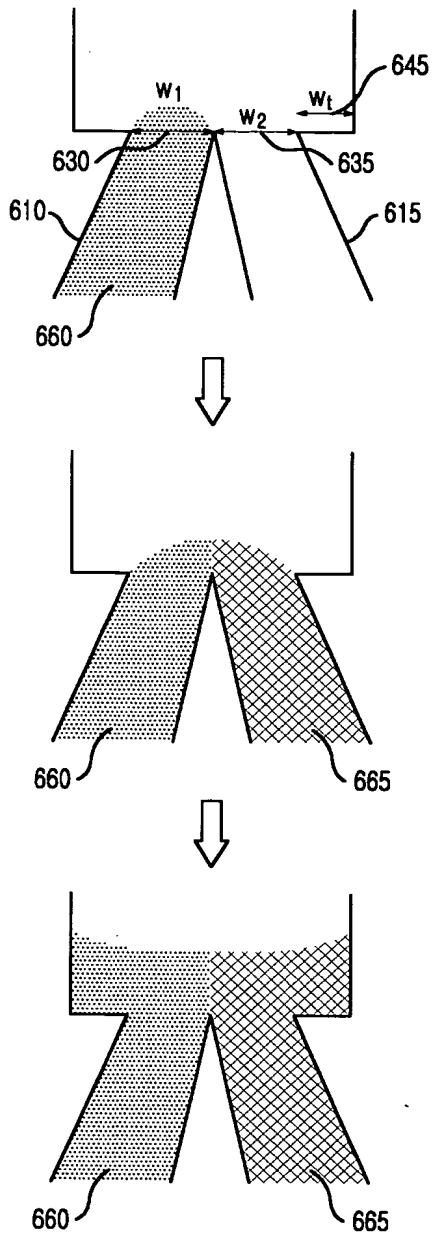
1020030032527

출력 일자: 2003/11/6

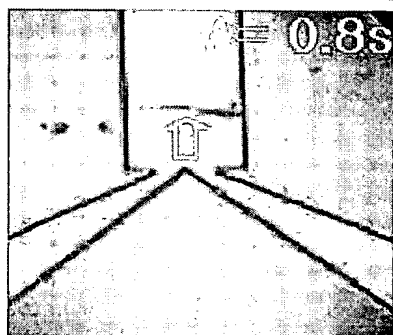
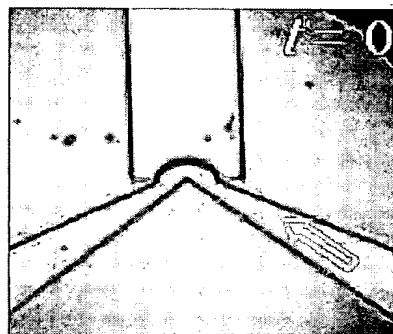
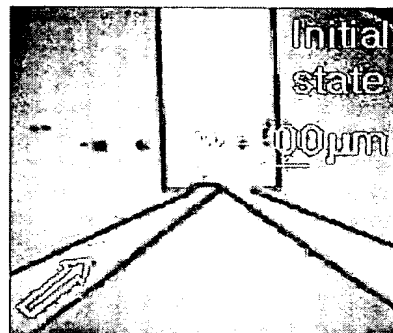
【도 6d】



【도 7a】



【도 7b】

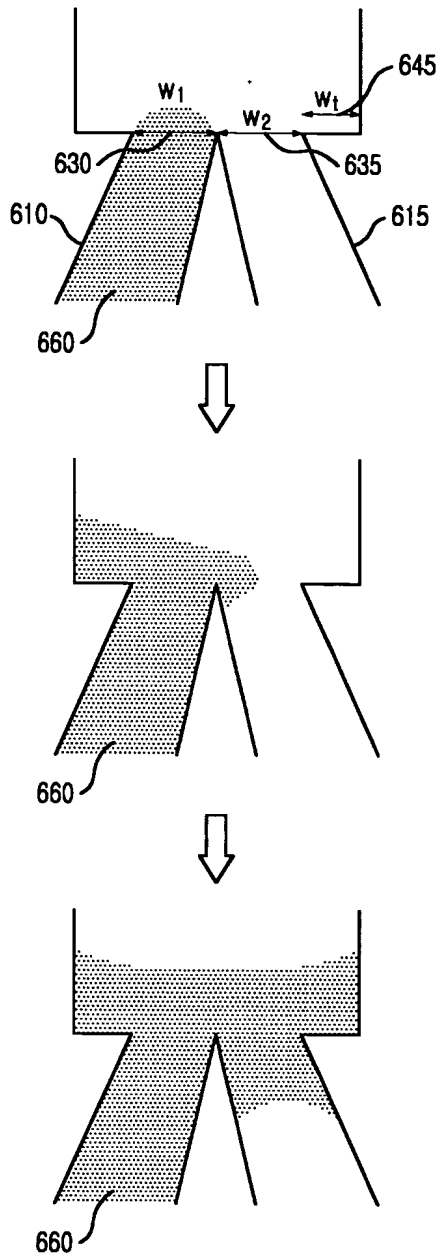




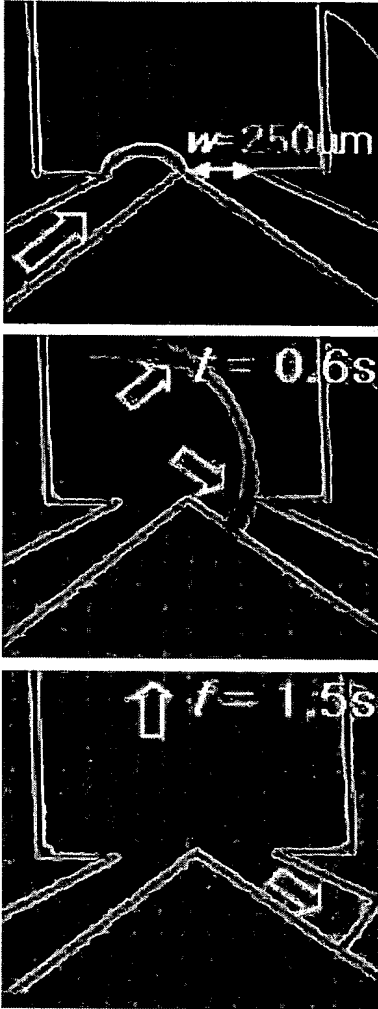
1020030032527

출력 일자: 2003/11/6

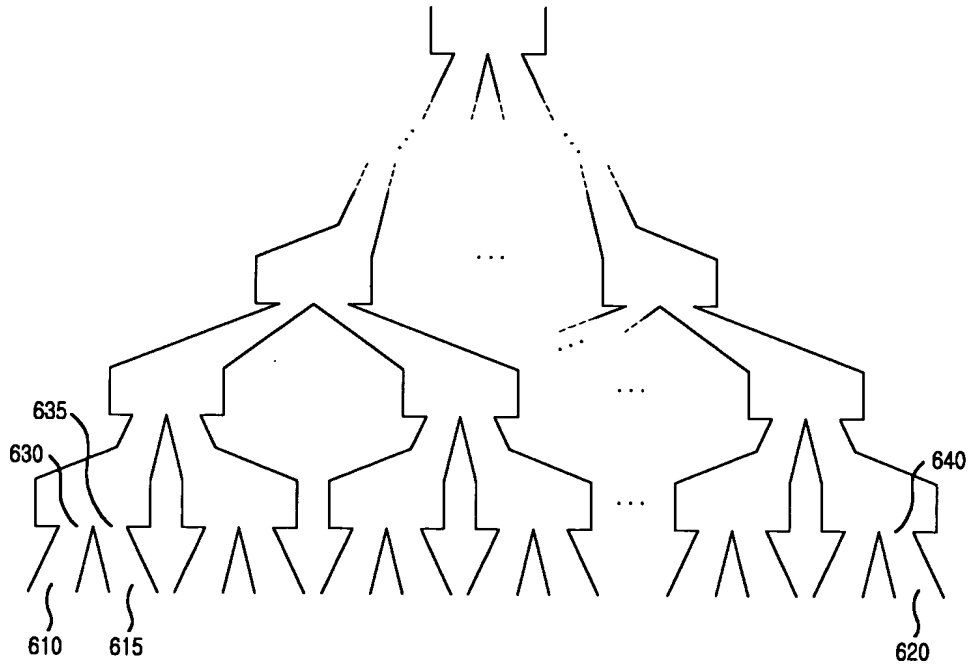
【도 8a】



【도 8b】



【도 9a】



【도 9b】

